SULPHUR IN CANADA

Large stockpiles of yellow sulphur have been a familiar sight on the Canadian prairie landscape during the last decade. Seen in such large quantities, sulphur may not give the appearance of an important or valuable commodity. But in fact, as the most widely used raw material in the chemical industry, it enters one way or another into the manufacture of almost everything we use.

So basic is the use of sulphur to our way of life that its rate of consumption is often taken as a reliable measure of a country's industrial activity.

Canada is the world's third-largest producer and the leading exporter of sulphur; almost all Canadian sulphur is recovered as a by-product from the processing of sour natural gas, and the western Canadian gas fields are among the world's most extensive. Only 10 per cent of our shipments are for the domestic market while the balance is shipped to export markets, mostly in North Africa, Asia and North America.

Shell Canada Limited

Elemental sulphur granules are produced for overseas shipments.

Properties and Early Uses

Sulphur is a nonmetallic, highly reactive element that makes up more than half of one per cent of the earth's crust. It is one of the few substances that occur in native or elemental form, although it is found more often in combination with other elements.

Of particular importance today — for ecological and economic reasons — is the fact that sulphur is a component of all fossil fuels and most metallic mineral ores.

Sulphur was discovered and used in prehistoric times. The old English term for sulphur is brimstone, "stone that burns", and burn it does, with a bluish flame and a sour stench.

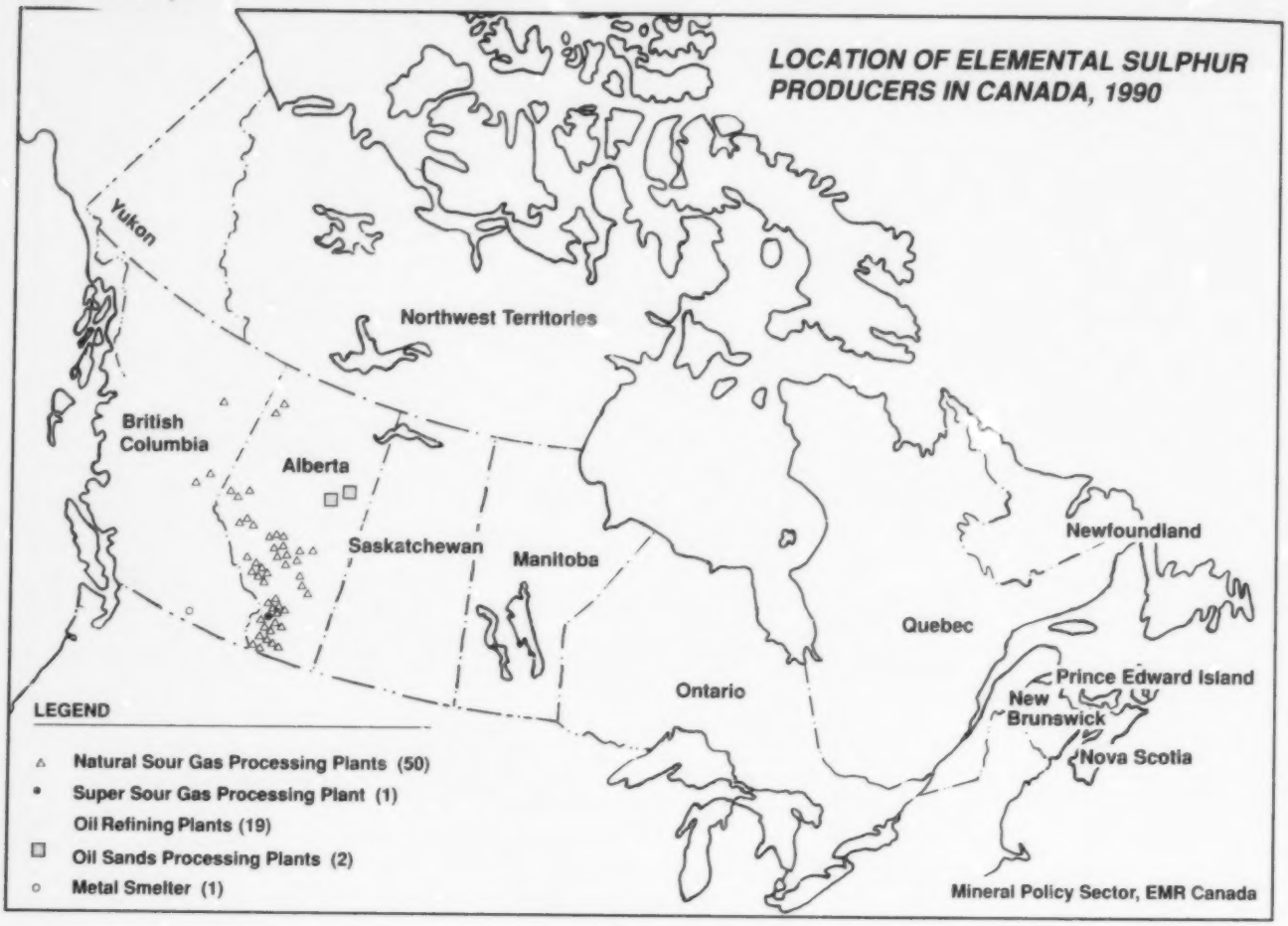
Evidence of the very early use of sulphur is widespread. It is known to have served as a pigment in cave paintings. The ancient Egyptians burned it during religious ceremonies. And its use as a tonic appears in one of the earliest

Energy, Mines and Resources Canada
Énergie, Mines et Ressources Canada

Canada

THE ENERGY OF OUR RESOURCES
THE POWER OF OUR IDEAS

91-01852/



records of medicinal practice.

A host of other incidental uses followed, but sulphur did not emerge as an important commodity until the 14th century, when gunpowder — a mixture of saltpetre, charcoal and sulphur — was introduced into Europe from Asia.

Modern Uses

Sulphuric acid, one of the most important of all chemicals, was first stumbled upon by a German alchemist early in the 17th century. By the late 18th century the chemical industry was evolving rapidly in step with the Industrial Revolution, and sulphuric acid became its primary raw material.

Today this fundamental role is basically unchanged — most sulphur consumed by industry is first converted to sulphuric acid.

About 60 per cent of all sulphur used goes into the manufacture of phosphate and ammonium sulphate fertilizers. The remainder is put to a very broad range of uses — the production of pulp and paper, pigments, petroleum products, explosives, detergents, and hundreds of other applications.

Sulphur Production

From Roman times until the 19th century, most of the world's supply of sulphur came from rich elemental deposits on the island of Sicily.

Over the centuries, the method of extracting sulphur from the raw ore changed very little. The ore was placed in special kilns or ovens, and ignited. Sulphur has a relatively low melting point — about 114 degrees Celsius — so that two-thirds of the sulphur in the kilns melted and ran off before it could burn. This sulphur was recovered while still in molten form and cast into large blocks.

In the latter half of the 19th century, when Sicily's monopoly over sulphur production led to exorbitant prices, the sulphur-consuming industries resorted to sulphur obtained by mining and roasting pyrites — iron sulphide ores. Sulphur from pyrites soon replaced Sicilian sulphur as the world's major source of sulphuric acid.

Then, at the beginning of the 20th century, sulphur production was revolutionized when an ingenious method was developed to extract the yellow mineral from unusual geological formations found along the Gulf Coast of the southern United States and Mexico.

The strange geological structures are known as salt domes, and the mining method that was applied to them is called the Frasch process after its inventor, Herman Frasch.

Salt domes are upthrust, pillar-like formations of salt in the earth's upper crust. The domes along the Gulf Coast are topped with a cap rock of limestone that is sometimes impregnated with pure sulphur.

The cap rock may vary in area from a few dozen hectares to many square kilometres, and might be visible as an outcrop or lie hundreds of metres below the earth's surface. The one that Her-

man Frasch tapped in 1894 with his new mining technique lay about 150 metres beneath a Louisiana swamp.

The Frasch Process

Sulphur's low melting point is used to advantage in the Frasch recovery process. A well is drilled into the sulphur-bearing cap rock. Three concentric pipes are put in place, the outermost being the well liner, about 15 centimetres in diameter.

Superheated water is pumped into the deposit down the cavity around the two inner pipes. In time this creates a pool of melted sulphur at the bottom. Compressed air is then pumped down the innermost pipe and, taking the path of least resistance, the molten sulphur is forced up the middle pipe.

The process is simple in principle, but Herman Frasch and his associates struggled for several years with a variety of problems before achieving real success in 1901.

One of the biggest constraints was the cost of fuel to superheat the large volumes of water used in the process. In 1900 the Frasch operation was burning roughly 50 tonnes of coal to raise 50 tonnes of sulphur. The transportation of this coal from the nearest source in Alabama raised its price almost 30-fold over the price at the coal mine. Combined with the cost of getting the sulphur to the major consumers in the north, this made the market price virtually non-competitive.

Then, in January 1901, Frasch's luck changed. Spindletop, one of the richest oil wells ever drilled, was struck near Beaumont, Texas — less than 100 kilometres from the struggling Louisiana sulphur operation.

Frasch suddenly had a cheap source of fuel, and sulphur production soared. In 1901, production from one well totaled about 3100 tonnes. In 1903, a dozen wells yielded more than 24 000 tonnes, and two years later 19 wells produced about 222 500 tonnes.

In the following decades, production of Frasch sulphur grew steadily until, by 1950, it represented the world's greatest source of the yellow mineral. In that year the United States accounted for more than half the world's sulphur production. More than 85 per cent of this volume came from Frasch wells operated by several companies in Louisiana and Texas. In the 1980s, Frasch sulphur production accounted for close to one-third of world elemental sulphur output.

'Recovered' Sulphur

Frasch mines continued to meet most of the world's sulphur needs for another decade with the rate of production, like

Solid elemental sulphur storage bins, unit trains and above ground inventories in Alberta.

that of any other commodity, determined basically by demand.

However, in the early 1960s the pattern of sulphur supply and demand began to change radically. This was the beginning of the current era of 'recovered' sulphur — not sulphur produced in response to market demand, but sulphur obtained as a by-product resulting from processing of other commodities, principally natural gas and petroleum.

As energy demand expanded rapidly in the 1960s, especially in the United States, Canadian production and exports of natural gas grew proportionately. And, since most western Canadian gas is 'sour' — containing up to 30 per cent hydrogen sulphide, which must be removed before the gas goes to market — Canadian production of recovered sulphur also soared.

Hydrogen sulphide is separated from sour natural gas by passing the gas through an absorbent solution. The concentrated hydrogen sulphide is then burned in a controlled process in which part of the hydrogen sulphide is oxidized to sulphur dioxide. The two gases react to form elemental sulphur, which is condensed and removed as a liquid. More than 99 per cent of the sulphur contained in the raw natural gas can be recovered by this process.

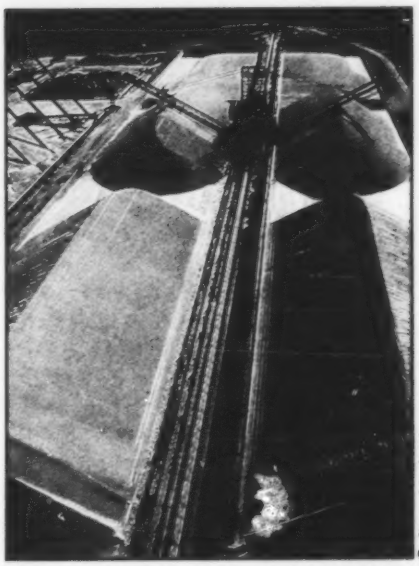
Since the 1970s, sulphur production would be determined, as it is today, by two market forces — demand for sulphur itself, plus the demand for natural gas and, to a lesser extent, petroleum.

This situation created an initial oversupply of sulphur in western Canada, but the 'involuntary' recovery of sulphur from natural gas processing has been more or less matched, starting in the late 1960s, by tremendous growth in the North American phosphate fertilizer industry, with an attendant upsurge in demand for Canadian sulphur.

Today, western Canadian stocks of sulphur recovered from natural gas stand at 5 million tonnes down from a peak level of 21 million tonnes in 1979. This reserve is slowly and steadily depleting, and may disappear entirely during the 1990s.

Sulphur and the Environment

Apart from natural gas processing, production of recovered sulphur in the form of sulphuric acid, sulphur dioxide



Sultran Limited

New technology — computerized "Stake Rake" system at Pacific Coast Terminals Company Limited, British Columbia, can store or reclaim elemental sulphur at a rate of 3 000 tph.

and elemental sulphur, can be expected to increase substantially in two other areas of industrial activity — the burning of coal to generate electricity, and smelting operations to produce metals such as nickel and copper — in both cases as a result of more stringent antipollution requirements.

As already noted, all fossil fuels and most metallic mineral ores contain sulphur. When coal is burned, sulphur

dioxide — the chief component of acid rain — is emitted. The higher the sulphur content of the coal, the greater the volume of sulphur dioxide produced. Sulphur dioxide is also produced as a by-product in smelting operations. Again, the amount of sulphur dioxide produced depends on the sulphur content of the ore concentrate being smelted.

The amount of sulphur dioxide released by these activities has been a matter of growing concern for many years, and governments have been taking measures to reduce these emissions.

In 1985, the federal and eastern provincial governments agreed to an overall 50 per cent reduction in sulphur emissions from power plants and smelters within their jurisdictions by 1994. This could result in the production of more than one million tonnes annually of sulphur products in eastern Canada.

Shell Canada Limited

Natural sour gas processing plant in Alberta recovers and stores elemental sulphur.

April, 1990

For more information on Canada's minerals and mineral industry contact:

Mineral Policy Sector
Energy, Mines and Resources Canada
6th Floor
460 O'Connor Street
Ottawa, Ontario
K1A 5H3
(613) 992-3258

Aussi disponible en français

LE SOUFRE
AU CANADA

Au cours de la dernière décennie, les énormes amoncellements de soufre jaune se sont en quelque sorte «ancrés» dans le paysage des prairies canadiennes. Lorsqu'on aperçoit d'aussi impressionnantes quantités de soufre, on a du mal à considérer celui-ci comme une ressource importante ou précieuse. Matière première la plus répandue dans l'industrie chimique, le soufre est présent, d'une façon ou d'une autre, dans presque tout ce que nous utilisons.

De par la place même que le soufre occupe dans notre mode de vie, son taux d'utilisation représente souvent un indice fiable de l'activité industrielle d'un pays.

Le Canada est le premier exportateur et le troisième producteur de soufre au monde. À peu près tout le soufre canadien peut être qualifié de «récupéré»: il s'agit, en fait, d'un sous-produit du traitement du gaz naturel acide. Les champs gaziers de l'Ouest canadien comptent parmi les plus importantes sources mondiales de soufre dit récupéré. Notre marché n'absorbe que 10 % de la production nationale; le reste est exporté en Afrique du Nord, en Asie et aux États-Unis.

Propriétés et premières utilisations

Le soufre, élément non métallique fortement réactif, constitue plus de 0,50 % de l'écorce terrestre. À l'instar de quelques autres substances, on peut le trouver sous forme «native» ou «élémentaire»; plus souvent qu'autrement, cependant, il est combiné à d'autres éléments.

Shell Canada Limitée

Des granules de soufre élémentaire sont produits pour l'exportation.

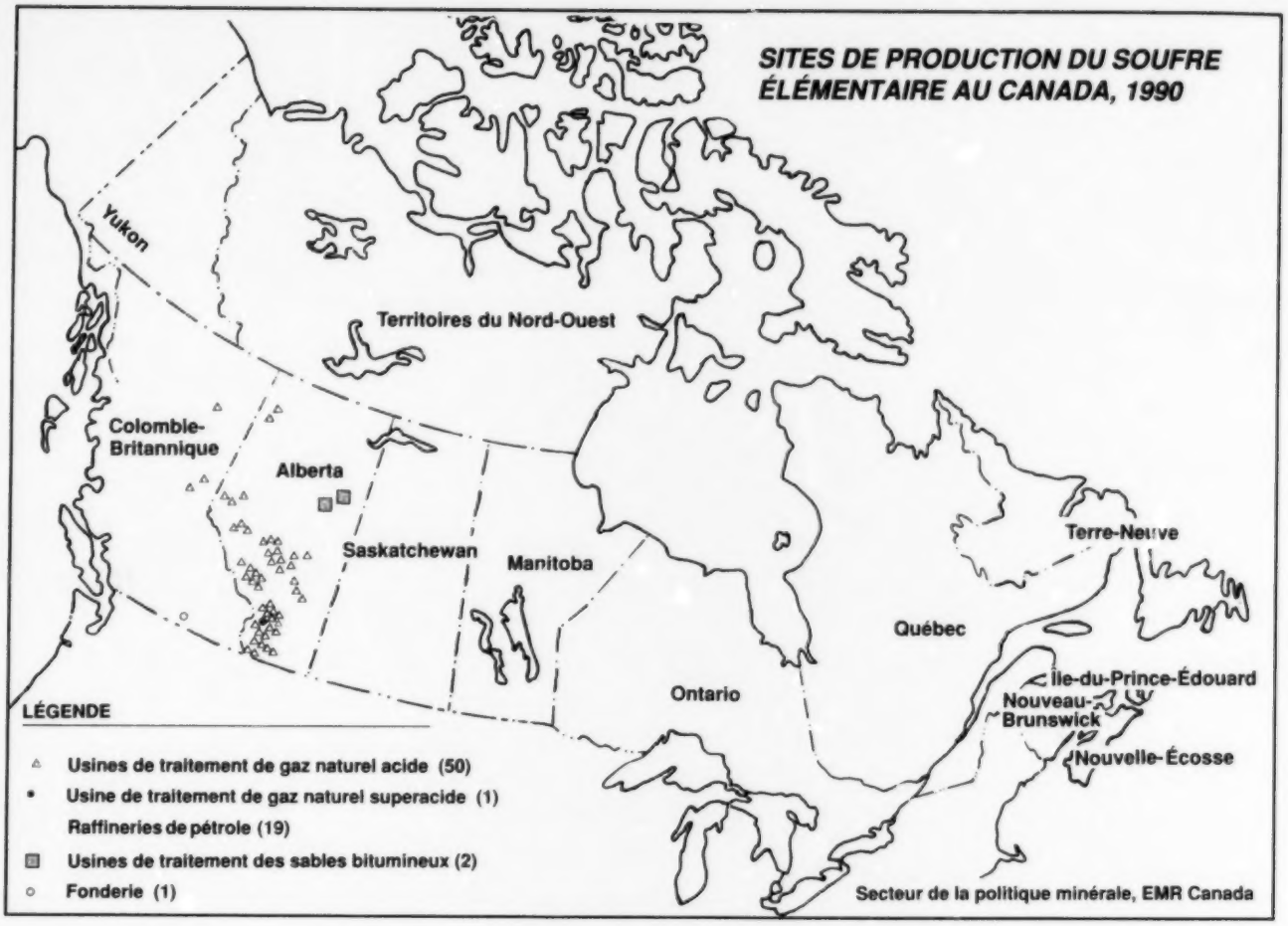
Le fait que le soufre soit une composante de tous les combustibles fossiles et de la plupart des minerais métalliques revêt aujourd'hui, pour des raisons à la fois économiques et écologiques, une importance considérable.

Officiellement, la découverte du soufre remonte à la préhistoire. En anglais, on l'appelait autrefois «brimstone», soit : roche qui brûle... car le soufre se consume en produisant une flamme bleutée qui s'accompagne

Énergie, Mines et Ressources Canada
Energy, Mines and Resources Canada

Canada

L'ÉNERGIE DE NOS RESSOURCES
NOTRE FORCE CRÉATRICE



d'émanations âcres.

Si l'on en croit les nombreuses preuves que l'on possède, on a utilisé le soufre très tôt dans l'histoire. On sait, entre autres choses, qu'on s'en servait comme pigment dans les peintures qui ornaient les grottes et que, dans l'ancienne Égypte, on le faisait brûler lors de cérémonies religieuses. De plus, le soufre apparaît dans les plus vieilles annales médicales... où il figure au registre des toniques!

Au fil des temps, on a littéralement apprêté le soufre à toutes les sauces; mais ce n'est que vers le 14e siècle qu'il a acquis un intérêt véritable, lorsque la poudre à canon - un mélange de salpêtre, de charbon de bois et de soufre - a fait son apparition en Europe, en provenance d'Asie.

Utilisations modernes

C'est par hasard qu'un alchimiste allemand a découvert, au début du 17e siècle, l'acide sulfurique, produit chimique essentiel. Vers la fin du 18e siècle, l'acide sulfurique est devenu la matière première la plus utilisée dans l'industrie chimique qui, dans la foulée de la révolution industrielle, progressait à pas de géant.

Il en est encore ainsi aujourd'hui : le soufre employé dans l'industrie est, presque toujours, préalablement converti en acide sulfurique.

On consacre environ 60 % de tout le soufre que l'on consomme à la fabrication d'engrais à base de phosphate et de sulfate d'ammonium. Quant au reste, on en tire parti dans de nombreuses industries, dont celles des pâtes et papiers, des pigments, des produits à base de pétrole, des explosifs, des détergents, etc., etc.

Production de soufre

De l'époque romaine au 19e siècle, la Sicile, avec ses riches gisements de soufre élémentaire, approvisionnait de soufre le monde entier.

Les siècles n'ont que très peu modifié la méthode sicilienne d'extraction du soufre du minerai brut. Une méthode qui pourrait être brièvement résumée ainsi : le minerai était placé dans des fours spéciaux, où on le chauffait. Le point de fusion de cet élément étant relativement bas, soit environ 114°C, la plus grande partie du soufre (les deux tiers) ainsi chauffé fondait et s'écoulait avant de s'enflammer. Il ne restait plus alors qu'à récupérer le soufre à l'état liquide et à le couler dans de grands moules carrés.

Dans la deuxième moitié du 19e siècle, le monopole sicilien de la production de soufre a provoqué une montée vertigineuse des prix. Les industries consommatrices se sont alors tournées vers le soufre provenant de l'extraction minière et de la combustion du minerai de sulfure de fer, communément appelé pyrite. Ce soufre eut vite fait de supplanter le soufre sicilien comme principale source d'acide sulfurique.

Puis, au début du 20e siècle, la production de soufre fut révolutionnée lorsqu'on mit au point une ingénieuse

méthode permettant l'extraction de ce minéral jaune de formations géologiques complexes situées le long du golfe du Mexique, au sud des États-Unis et au Mexique.

Ces formations géologiques, ou «dômes de sel», furent à l'origine du procédé de récupération appelé «Frasch» du nom de son inventeur, Herman Frasch.

Les dômes en question, des gisements de sel en forme de piliers, constituent en fait des soulèvements de la couche supérieure de la croûte terrestre. Ceux que l'on trouve le long de la côte du golfe du Mexique sont surmontés de couches de calcaire qui contiennent parfois du soufre à l'état pur.

Ces couches de calcaire ont une superficie qui varie de quelques dizaines d'hectares à plusieurs kilomètres carrés et peuvent affleurer ou se trouver à des centaines de mètres sous la surface. La couche de calcaire que Herman Frasch a exploitée à l'aide de sa nouvelle technique, en 1894, reposait à quelque 150 mètres de profondeur sous un marécage, en Louisiane.

Le «procédé Frasch»

Le procédé de récupération Frasch permet de tirer avantage du point de fusion peu élevé du soufre. On creuse tout d'abord un puits dans la couche rocheuse qui recèle le soufre; puis, on met en place trois tubes concentriques. Le tube «extérieur», d'un diamètre d'environ 15 centimètres, est le tube de cuvelage.

De l'eau surchauffée est alors injectée dans le gisement par l'espace entourant les deux tubes intérieurs. Cet afflux d'eau chaude ayant un effet dissolvant, il se crée bientôt, au fond de la mine, un bassin de soufre en fusion. On envoie ensuite de l'air comprimé par le tube intérieur; le soufre liquide, empruntant alors le trajet de moindre résistance, remonte par le tube situé au milieu.

En théorie, ce procédé est simple; mais Herman Frasch et ses collaborateurs se sont heurtés, pendant plusieurs années, à divers problèmes avant de pouvoir véritablement crier victoire, en 1901.

L'une des plus grandes contraintes reliées à ce procédé était fonction du coût du combustible nécessaire à la surchauffe des grandes quantités d'eau requises. En 1900, il fallait 50 tonnes de charbon pour produire 50 tonnes de soufre au moyen du procédé d'Herman Frasch. Le transport de ce charbon, à partir de la mine la plus proche, en Alabama, faisait grimper d'environ trente fois son coût initial! Lorsqu'on ajoutait à ces frais ceux de l'expédition du soufre vers les principaux marchés du Nord des États-Unis, on ne pouvait pratiquement plus songer à être concurrentiel!

Mais, en 1901 la chance tourna pour Herman Frasch. Cette année-là, en janvier, le pétrole jaillit de Spindletop - l'un des puits les plus productifs jamais forés - près de Beaumont, au Texas... soit à moins de 100 kilomètres du gisement de soufre que Frasch exploitait péniblement, en Louisiane.

Disposant soudainement d'une source d'énergie à bon marché, Frasch vit sa production de soufre monter en flèche. En 1901, avec un seul puits, la production s'établissait à 3 100 tonnes. En 1903, on réussissait à extraire 24 000 tonnes de soufre d'une douzaine de puits et, deux ans plus tard, on produisait, avec 19 puits, 222 500 tonnes de soufre.

Au cours des décennies suivantes, les gisements de Frasch affichèrent un rendement sans cesse croissant; tant et si bien que, en 1950, ils constituaient la source de soufre la plus importante au monde. Cette année-là, plus de 50 % de la production mondiale de soufre était américaine, et plus de 85 % du soufre américain avait été extrait au moyen du procédé Frasch des puits de plusieurs sociétés, en Louisiane et au Texas. Dans les années 80, la production de soufre à l'aide de ce procédé représentait près du tiers de la production mondiale de soufre élémentaire.

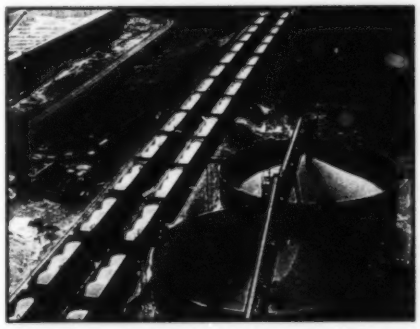
Le soufre «récupéré»

Durant les années 50, les mines exploitées au moyen du procédé Frasch purent satisfaire, en grande partie, à la demande mondiale de soufre... demande qui, comme dans le cas de toute autre ressource, déterminait les niveaux de production.

Toutefois, au début des années 60, la structure «offre-demande», pour ce qui a trait au soufre, s'est soudainement modifiée : on en était au tout début de l'ère du soufre récupéré, soufre dont la production échappe aux lois du marché car il résulte du traitement d'autres matières premières, surtout du gaz naturel et du pétrole.

La demande croissante d'énergie dans les années 60, particulièrement aux États-Unis, a engendré une hausse de la production et des exportations canadiennes de gaz naturel. Et, la majeure partie du gaz naturel de l'Ouest canadien étant «acide» — c'est-à-dire qu'il est formé, dans une proportion de plus de 30 %, de sulfure d'hydrogène que l'on doit «séparer» du gaz avant de mettre celui-ci sur le marché —, la production canadienne de soufre récupéré a également accusé une hausse subite.

On provoque la séparation en faisant passer le gaz naturel acide dans une solution absorbante. On brûle ensuite le sulfure d'hydrogène concentré en suivant un procédé contrôlé au cours duquel une partie du sulfure d'hydrogène, oxydée, se transforme en bioxyde de soufre. Ces deux gaz réagissent pour constituer du soufre élémentaire qui, après condensation, est recueilli sous forme liquide. On peut récupérer ainsi plus de 99 % du soufre contenu dans le gaz naturel acide.



«Cellules» de stockage de soufre élémentaire à l'état solide; convois et stocks de soufre élémentaire constitués en surface, en Alberta.

Depuis les années 70, la production du soufre est donc fonction de deux forces du marché : soit le besoin de soufre proprement dit et la demande portant sur le gaz naturel et, dans une moindre proportion, sur le pétrole.

Au départ, cette situation a entraîné la création d'un surplus de soufre dans l'Ouest du Canada; mais, cette récupération involontaire de soufre a coïncidé, à la fin des années 60, avec une croissance fulgurante de l'industrie nord-américaine des engrais à base de phosphate et, par voie de conséquence, de la demande de soufre canadien.

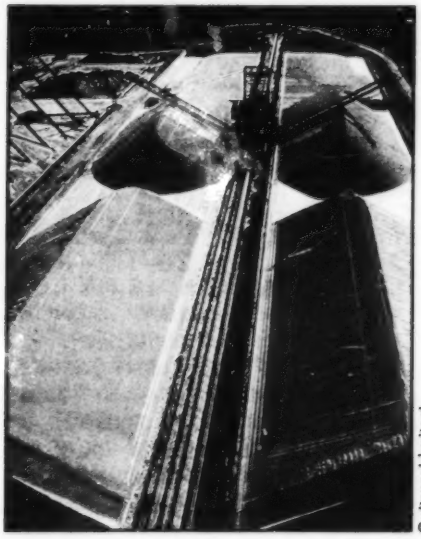
En 1990, dans l'Ouest du Canada, on évalue à 5 millions de tonnes les stocks de soufre récupéré du traitement du gaz naturel... ce qui représente une baisse importante par rapport aux stocks records de 21 millions de tonnes relevés en 1979. Ces réserves s'amenuisent lentement mais constamment... et pourraient même s'épuiser complètement au cours de l'actuelle décennie.

Le soufre et l'environnement

L'adoption de normes antipollution plus sévères touchant à deux autres secteurs d'activité industrielle pourrait avoir pour résultat une augmentation considérable de la production de soufre récupéré sous forme d'acide sulfurique, de bioxyde de soufre et de soufre élémentaire. On vise, en particulier, la combustion du charbon dans les centrales et les travaux de fusion intégrés au processus de fabrication de métaux comme le nickel et le cuivre.

Shell Canada Limitée

Cette usine de traitement du gaz naturel acide, située en Alberta, récupère et emmagasine le soufre élémentaire.



Sultran Limited

De nouvelles techniques à l'oeuvre. Le système informatisé «Stake Rake» de Pacific Coast Terminals Company Limited, en Colombie-Britannique, permet d'emmagasiner ou de récupérer du soufre élémentaire à un rythme de 3 000 tonnes / heure.

Comme on l'a déjà souligné, tous les combustibles fossiles et la plupart des minerais métalliques contiennent du soufre. Lorsqu'on brûle du charbon, il s'en dégage du bioxyde de soufre, principal responsable des pluies acides. Plus la teneur en soufre du charbon est élevée, plus le volume de bioxyde de soufre qui en émane est considérable. Le bioxyde de soufre est également un sous-produit de la fusion de certains métaux. Là encore, la quantité émise de bioxyde de soufre dépend de la concentration en soufre des minerais soumis au processus de fusion.

Depuis nombre d'années déjà, on s'inquiète de plus en plus des émissions de bioxyde de soufre attribuables à ces activités... et les gouvernements ont adopté des mesures destinées à en assurer la réduction.

En 1985, le gouvernement fédéral et les gouvernements des provinces de l'Est du Canada ont convenu de réduire de 50 %, d'ici à 1994, les émissions de soufre générées par les centrales et les fonderies qui ressortissent à leur juridiction. Cette mesure pourrait bien signifier, pour l'Est du Canada, la possibilité d'ajouter, au bilan annuel, plus d'un million de tonnes de produits à base de soufre.

avril, 1990

Pour plus de renseignements sur les minéraux et l'industrie minérale du Canada, s'adresser au :

Secteur de la politique minérale
Énergie, Mines et Ressources Canada
6e étage
460, rue O'Connor
OTTAWA (Ontario)
K1A 5H3
(613) 992-3258